

**CONTRIBUIÇÕES DA FOTOGRAMETRIA AO REGISTRO
ARQUEOLÓGICO [3D]****CONTRIBUTIONS OF PHOTOGRAMMETRY TO ARCHAEOLOGICAL
RECORD [3D]****Henrique Correia da Silva¹**
Henrique.csilva@ufpe.br**Flávio Augusto de Aguiar Moraes²**
flavioaguiarac@gmail.com**RESUMO**

O desenvolvimento de novos processos de comunicação através de ambientes virtuais, proporcionou uma adequação da fotogrametria como método de salvaguardar digitalmente o patrimônio arqueológico. Surgindo a premissa: Como o uso da fotogrametria de curto alcance pode favorecer para salvaguardar o acervo arqueológico do Núcleo de Pesquisa e Estudos Históricos e Arqueológicos (NUPEAH), precavendo de acidentes e dificuldades de conservação? Fomentando a fotogrametria como ferramenta auxiliar de registro arqueológico e de caráter comunicativo, devido a sua acessibilidade via web. Por se tratar de um banco de dados que está em andamento, apresentamos os resultados digitais obtidos de dois artefatos. Concluindo que a metodologia aplicada de registro arqueológico não é invasiva, cooperando no transporte de informações digitais de livre acesso do patrimônio arqueológico para a sociedade.

Palavras-chave: Fotogrametria, 3D, Arqueologia.**ABSTRACT**

The development of new communication processes through virtual environments as a way of disseminating scientific research developed in Brazil provided an adequacy of photogrammetry as a method capable of digitally safeguarding archaeological heritage. Thus, this research intends to answer the following question: How can the use of short-range photogrammetry favor to safeguard the archaeological collection of the Center for Research and Historical and Archaeological Studies (NUPEAH), due to accidents and conservation difficulties? Promoting photogrammetry as an auxiliary tool of archaeological registration and communicative character

¹ Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus do Sertão.

² Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus do Sertão.

with the general public, due to its accessibility vi web. Because it is a database that is in progress, I present the results obtained from the selection of two artifacts in three-dimensional format. Concluding that applied methodology of archaeological record is not invasive, cooperating in the transport of digital information free access from archaeological heritage to society.

Keywords: Photogrammetry; 3D; Archeology.

INTRODUÇÃO

A gestão dos acervos arqueológicos segundo Pereira et.al. (2020), “é indissociável do pensar e fazer arqueologia, museologia e conservação.” Pensando nos avanços, retrocessos e comunicação desses acervos nos distintos domínios institucionais, principalmente durante período pandêmico, começou a ser desenvolvido novos processos de comunicação através de ambientes virtuais como forma de divulgação das pesquisas científicas desenvolvidas no Brasil, como: páginas do Instagram do Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, do Museu Nacional da UFRJ, do Museu de História Natural do Jardim Botânico UFMG e do Museu Paraense Emílio Goeldi (CALIPPO, 2022). Paralelamente, a importância desses meios de comunicação e gestão de acervo são importantes, tendo em vista possíveis acidentes que possam colocar a integridade do material arqueológico em risco, a exemplo, temos o caso de incêndio ocorrido no Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN/UFRJ) em 2018 e no Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais (MHN/UFMG) em 2020. (LIMA; BARRETO, 2020. VIEIRA, 2019).

Portanto este artigo partiu da união de dois interesses: Salvar o patrimônio arqueológico de modo que este fique arquivado em formato digital 3D, possibilitando que outros pesquisadores possam acessar esses arquivos sem que haja a necessidade de manipular o material arqueológico. Dando início a pesquisas que abordassem sobre as técnicas fotogramétricas de registros tridimensionais, para além dos meios convencionais³ de registros arqueológicos, devido a sua facilidade e precisão na aquisição de dados, documentando digitalmente pequenos objetos ou grandes áreas.

³ Menção aos registros manuais ilustrativos feitos com lápis, papel e trena, que ainda são utilizados nos dias atuais por arqueólogos(as) (MAGALHÃES, 2018).

Destacando que é um método que não visa substituir os registros tradicionais por modelos digitais, apenas auxiliar na análise, compreensão e comunicação dos resultados.

Por ser possível construir um documento digital que apresente as três dimensões de objetos com alta precisão e de forma duradoura, surgiu a inquietação de correlacionar esse método em laboratório devido à acidentes e dificuldade na conservação de acervos arqueológicos, como; os constituídos de matéria orgânica potencialmente suscetíveis a degradação. Sendo o ponto de partida para a criação de um banco de dados digital que está em andamento.

Este trabalho apresenta o uso da fotogrametria de curto alcance como ferramenta auxiliar para o registro de acervos arqueológicos, com o objetivo de digitalizar o material salvaguardado no Núcleo de Pesquisas e Estudos Arqueológicos e Históricos (NUPEAH), da Universidade Federal de Alagoas, Campus do Sertão - Delmiro Gouveia/AL, demonstrando que essa técnica é capaz de documentar de forma autêntica todas as características morfológicas de um determinado artefato, salvaguardando o patrimônio arqueológico digitalmente. Na elaboração de banco de imagens 3D para análises futuras sem que haja a necessidade de manuseio dos artefatos, propondo a fotogrametria como método de registro que se aplique a arqueologia, neste caso acervos de reserva técnica, e agregar conhecimento através uma plataforma virtual de livre acesso.

As informações e documentações referente à cultura material, constitui-se como “a principal fonte da pesquisa arqueológica e museológica, podendo também ser utilizada como fonte histórica” (RAMOS, 2011, p. 970). Por sua vez, é essencial o aperfeiçoamento de metodologias laboratoriais de preservação e gestão do acervo, tendo em vista os possíveis acidentes que possam colocar a integridade do material arqueológico em risco, tanto por fatores antrópicos, quanto naturais. Desse modo, a fotogrametria de curto alcance, também conhecida como arqueologia digital (FIGUEIRÔA, 2012, p. 3), oferece subsídios necessários para a disseminação de conhecimento arqueológico, promovendo novas reflexões sobre as pesquisas acadêmicas através da interação com a sociedade em geral.

Desta maneira, foi selecionado do acervo do NUPEAH, dois adornos, como base de desenvolvimento para a fotogrametria digital, devido a sua importância por possuir características particulares, proveniente do sítio Pedra da Tesoura, município de Boqueirão, Paraíba. 1- (PT. 607.2), confeccionado em osso animal e com marcas de cortes

caracterizado como um padrão decorativo; 2 – (PT. 601.1), confeccionado em osso animal (dente de felino), perfurado, caracterizado como um padrão decorativo (SOARES, 2020).

Portando, este artigo objetiva discutir de forma sucinta a origem e utilidade da fotogrametria em diferentes fases, com enfoque na fotogrametria de curto alcance no âmbito arqueológico (TOBIA, 2021; PERÉS & GONZÁLEZ, 2019; DIAZ, 2018; MAGALHÃES, 2018; SILVA, 2017). Dialogando com a portaria do IPHAN (2016), e as principais leis e decretos de proteção do patrimônio arqueológico, como também, a contribuição de grupos e institutos no desenvolvimento de políticas públicas de preservação do patrimônio arqueológico, para a expansão de novos meios de registros dos acervos arqueológicos no Brasil.

Compreendendo a digitalização a partir da fotogrametria de curto alcance, como forma de preservação da cultura material (conservação, restauração, documentação e comunicação do acervo). Foi feito levantamento bibliográfico de autores e autoras que versam sobre a utilização e divulgação da fotogrametria para elaboração de modelos digitais 3D (RUIZ et al., 2021; CAVALCANTI, 2019; MAGALHÃES et al., 2018; CARRETT DE VASCONCELOS e SELDEN, 2017; ANDRES, 2014; GARCIA, 2014; FIGUEIRÔA, 2012; ANDRADE, et al.).

Em suma, apontamos as possibilidades de contribuição da fotogrametria na produção de modelos digitais 3D, como uma ferramenta de registro arqueológico não invasivo para fins de pesquisas que auxiliam na análise e interpretação da cultura material dos povos do passado. Através da constituição de acervo arqueológico virtual, facilitando o transporte de informações digitais do patrimônio arqueológico até os “indivíduos ou estes ao patrimônio” (MAGALHÃES, 2018). Elencando a seguir o desenvolvimento do método de registro fotogramétrico analógico iniciado no século XIX ao estado digital.

BREVE HISTÓRIA DA FOTOGRAMETRIA (1839– 1990).

O conceito da fotogrametria⁴ segundo Pérez e González (2019, p.73) está ligado ao uso do veículo aéreo não tripulável (VANT), mediante a sua capacidade na obtenção

⁴ O termo Fotogrametria apareceu no ano de 1855, criado pelo geógrafo Kersten e foi introduzido por Albrecht Meydenbauer (1834-1921) na literatura internacional em 1893, ao fotografar edificações de

de registros com alta qualidade de objetos ou superfície em determinado espaço. Estes veículos, popularmente conhecidos como drones, são versáteis para se obter fotografias em alta qualidade na produção digital de imagens para futuros gráficos.

As técnicas fotogramétricas surgem no ano de 1851, através do engenheiro Francês Aimé Laussedat⁵, que já utilizava a câmera no intuito de desenhar de forma precisa grandes áreas e mapas, sendo considerado o “Pai da Fotogrametria”, relacionando os princípios geométricos com fotografias no lugar de desenhos (SILVA, 2017, p. 82).

Ainda de acordo com SILVA (2017, p.82), as “(...) Fotografias aéreas foram tomadas de balão, pombos e pipas no fim do século XIX e início do século XX na Europa, Estados Unidos e Canadá.” Surgindo a ideia por Gaspard Felix Tournachon⁶, mais conhecido como Félix Nadar, na utilização da fotogrametria de forma aérea com a finalidade de mapeamento, que (...) “em 1858, usando um balão a 80 metros de altura obteve as primeiras fotografias aéreas inclinadas de Petit-Bicêtre, próximo a Paris” (figura 01).

grande valor arquitetônico na Alemanha. Antes o método foi chamado de iconometria, metrofotografia e fototopografia. (SILVA, 2015, p. 81).

⁵ Para maiores informações, acessar: <https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/laussedat-aime>.

⁶ Gaspard-Félix Tournachon (1820-1910) foi um fotógrafo, caricaturista e jornalista francês, um dos mais famosos fotógrafos do século XIX, conhecido com o pseudônimo de "Félix Nadar". Disponível em: https://www.ebiografia.com/gaspard_felix_tournachon/.

Figura 01: A litografia de Honoré Daumier mostrando nadar a fotografar Paris de um balão, com título "Nadar elevando a fotografia à altura da arte", publicada em le boulevard, 25 maio de 1863.



Fonte: (SILVA, 2017).

Silva (2017, p.81), ressalta que os métodos fotogramétricos que estavam em desenvolvimento chamaram bastante a atenção da comunidade científica no início do século XX. E o grande interesse por essa tecnologia influenciou na criação de sociedades e congressos de fotogrametria que contribuem até os dias atuais para o seu desenvolvimento, como a “Austrian Society for Photogrammetry e o International Archives of Photogrammetry (1907)”, “International Society for Photogrammetry (atual

ISPRS-International Society of Photogrammetry and Remote Sensing)” (1909) e a “American Society of Photogrammetry” (1934).

Por sua vez, a fotogrametria a partir de inovações tecnológicas fotogramétricas foram empregadas na Primeira Guerra Mundial (figura 02), obtendo assim, a primeira fotografia aérea (TOBIA, 2021; PERÉS & GONZÁLEZ, 2019; DIAZ, 2018; MAGALHÃES, 2018; SILVA, 2017). Silva (2017, p.83), rejeita alguns feitos relacionados à fotografia aérea por meio de avião, como; o invento do aeroplano americano em 1909, na Itália, afirmando que “(...) na verdade foi um filme (...), e sem fins cartográficos.” E o mosaico elaborado pelo Capitão Casere Tardivio, através do balão, mencionado como “(...) fotografias aéreas de avião.”

Figura 02: Tomada de fotografias com câmera manual na 1ª Guerra Mundial.



Fonte: (NUNES, 2016).

Após a Primeira Grande Guerra, empresas privadas de aerolevantamentos⁷ investiram na fotogrametria, visto que estava em pleno aperfeiçoamento, passando a ser

⁷ A primeira empresa de aerofotogrametria a atuar no Brasil foi a SARA, seguida pelo Sindicato Condor. Durante vários anos as maiores empresas foram a Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul, do Rio de Janeiro, e a VASP Aerofotogrametria de São Paulo, ambas já extintas.

usada de forma regular em 1930. Destarte, nos anos subsequentes foi consolidado como o melhor método de registro de grandes áreas, contribuindo para os avanços tecnológicos na fabricação de “câmeras, filmes, aeronaves e recursos computacionais”, que impulsionou a partir dos anos de 1960, o aparecimento da “fotogrametria analítica⁸” até os primeiros modelos digitais entre os anos de 1980 e 1990 (MAGALHÃES, 2018, p. 52; SILVA, 2017, p. 83).

FOTOGRAMETRIA DIGITAL (1940 -2022)

Mediante os avanços tecnológicos supracitados, vale ressaltar que a invenção do computador e reprodutores analógicos⁹ (figura 03) entre as décadas de 1940-1970, substituiu cálculos mecânicos por cálculos computacionais, promovendo avanços significativos nos processos fotogramétricos (MAGALHÃES, 2018; TOMMASELLI, 2009; BRITO, 2007). Ou seja, essas novas tecnologias utilizavam “servomecanismos para medir as coordenadas das marcas fiduciais de pontos homólogos nas imagens. Computadores realizavam todos os demais cálculos, simplificando bastante o processo final” (BRITO, 2007, p. 21).

A Aerofoto Cruzeiro do Sul foi criada em 1937, como uma seção no antigo Sindicato Condor, subsidiária Lufthansa, empresa alemã, que foi nacionalizada durante a 2ª Guerra. Naquela época era a Divisão de Fotogrametria conhecida como “Aerofoto”. Quando a Condor foi nacionalizada tornou-se um departamento da empresa Serviços Aéreo Cruzeiro do Sul S.A (SILVA, 2017, p. 91).

⁸ (...) la fotogrametría analítica, en donde las mediciones y la toma de datos son también manuales, pero incorporan medios informáticos para el cálculo de la orientación del modelo (SABINA, et al. 2015, p.6)

⁹ (...) reprodutores analógicos, (...) permitiam visão estereoscópica através do uso de um par estereoscópico – ou seja, um par de fotografias com área de superposição (BRITO, 2007, p. 19).

Figura 03: Restituídor analógico (anos 60 e 70).



Fonte: (NUNES, 2016.)

Porém, a fotogrametria digital veio surgir a partir da década de 1980, através da inserção de novos restituidores totalmente digitais para o processamento primário de dados, mediante registro direto de imagens, conhecidos como "estações fotogramétricas digitais" (figura 04) (BRITO, 2017, p. 21). Capaz de processar na década de 1990, "(...) volumes de dados cada vez maiores para gerar "ortoimagens" ou "imagens ortorretificadas" e "mosaicos digitais" de áreas mais abrangentes e com uma resolução superior" (MAGALHÃES, 2017, p. 52). De acordo com Garcia (2014, p. 32), "(...) Estos sistemas eran por demás caros, llegando a costar a mediados de la década más de 250 000 dólares, las cámaras costaban arriba de los 10 000 dólares, el proceso era sumamente complejo, por lo que se requería de equipo y personal altamente calificado."

Figura 04: Restituídor digital (década de 1990).



Fonte: (NUNES, 2016).

O processamento de dados para modelos gráficos, passou a ser utilizado na digitalização de fotografias através de scanner e câmeras fotográficas digitais. Segundo Cavalcanti (2019, p.30), “(...) a fotogrametria digital passa a ser utilizada como uma fonte de aquisição de dados para a criação de modelos tridimensionais fotorrealísticos”.

Portanto, a plataforma fotogramétrica digital pode ser elaborada a partir de três bases de desenvolvimento fotográfico, conforme Luhmann et al. (2007, p.5), que estabelece três parâmetros de distância para a captura de imagens; fotogrametria de longo alcance por satélite com distância de 200km, aérea com cerca de 300m e fotogrametria de curto alcance com distância menor que 300m.

FOTOGRAMETRIA DE CURTO ALCANCE

A fotografia de curto alcance pode ser adquirida através de câmeras digitais por solo ou aéreas, permitindo o registro de objetos ou estruturas (MAGALHÃES, 2017, p.

54). Expandindo-se, a partir da década de 1990, para outras áreas de estudos: Arquitetura, Engenharia, Geologia, Documentação do Patrimônio Arqueológico (MAGALHÃES, 2017; HENRIQUES, 2012), mediante o desenvolvimento de sistemas digitais.

Portanto, segundo tradução do capítulo “Image-based methods” de Remondino (2010, p.88), esse método de fotogrametria “(...) são geralmente preferidos em casos de objetos perdidos, monumentos ou arquiteturas com forma geométricas regulares, pequenos objetos com forma livre, (...) orçamentos baixos, (...) e restrição de tempo.”

Magalhães et al. (2018, p. 189), enfatizam que “Outra vantagem da fotogrametria é o fato de ser um método de registro indireto, que não necessita tocar no objeto alvo de registro nem impacta materiais sensíveis (...)”. Tornando-se durável por se tratar de um armazenamento digital que pode ser copiado e reutilizado mediante as possibilidades que a fotogrametria oferece.

Sendo assim, a fotografia de curto alcance é considerada uma técnica simples para a criação de modelos tridimensionais (3D) fotorealista, desde que a distância entre o sensor da câmera e objeto alvo de registro não ultrapasse os 200 metros. Apesar de Luhmann (2007) indicar uma distância de 300m, publicações mais recentes como Magalhães et al. (2018, p. 187), apontam a distância de 200 metros, sendo esta última considerada para este trabalho.

USO DA FOTOGRAMETRIA PARA O REGISTRO ARQUEOLÓGICO 3D.

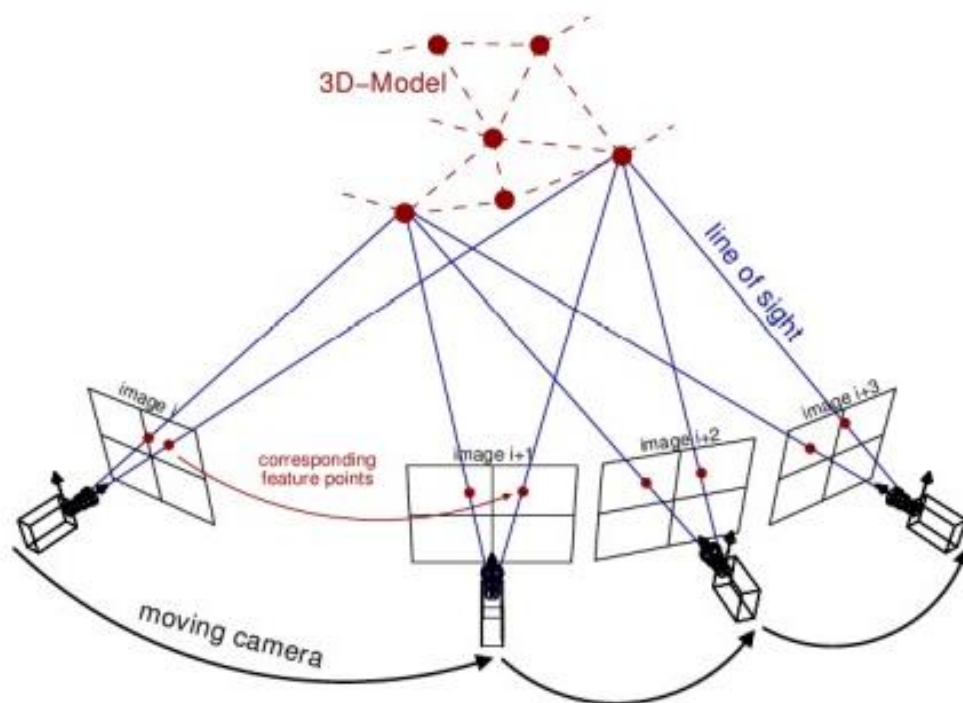
Para a fotogrametria arqueológica 3D, são necessários os mais altos padrões de qualidade fotográficas para processamento, devido ser uma técnica simples, rápida e de grande precisão. Desta maneira, segundo Cavalcanti, M. (2019, p.73), o processamento de modelos virtuais “(...) através da reconstrução digital do lugar perdido, permitiria a atribuição de novos valores, transformando o espaço digital em um lugar, ainda que virtual, preservando a história do bem para gerações futuras e evitando que seja esquecido.”

Para Andrade et al. (2010, p.88), os modelos 3D são registros do objeto original e podem ser utilizados como documento digital para análise das suas características. Dizendo que “(...) essas aplicações são importantes no caso de desgaste natural ou

acidentes, e na obtenção de informações adicionais sobre o artefato, como sua altura e volume.”

Então, a fotogrametria é técnica de modelagem 3D de preservação digital de objetos e estruturas, que baseia-se através da coleta de fotografias em diferentes ângulos, utilizando como algoritmo Structure From Motion (SFM) na maioria dos softwares (figura 05), para construir uma nuvem de pontos densa, sobrepondo imagens sequenciais por meio da identificação das semelhanças geométricas coletadas em cada fotografia, transformando-as em dados 3D (MAGALHÃES, 2018). Sendo assim, a fotogrametria digital/3D, tem por objetivo reconstruir de forma automatizada imagens bidimensionais (espaço-imagem), em um espaço tridimensional (espaço-objeto) (BRITO, 2007, p.23).

Figura 05: Exemplo do princípio de captura de pontos através da técnica Structure From Motion (SFM).



Fonte: (THEIA-SFM.ORG, 2016). **Retirado de:** (MAGALHÃES, 2018).

Portanto, o uso das tecnologias digitais 3D atualmente é crescente em diversas disciplinas, sobretudo, na arqueologia por meio da digitalização de acervo, podendo ser

utilizadas em prospecções, escavações ou laboratório como ferramenta de registro arqueológico (MAGALHÃES, 2018, p.58).

GESTÃO DE ACERVO E SUAS REGULAMENTAÇÕES

O registro arqueológico aparece na portaria nº. 196 de 18 de maio de 2016, do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) (p.01-02), nas preocupações da UNESCO¹⁰ e carta de Laussne¹¹ (1990), com os principais significados de proteção considerados pelo Conselho Internacional de Monumento e Sítios¹² (ICOMOS). Atribuindo as distintas instituições de guarda e pesquisa e demais agentes envolvidos como responsáveis pelos meios de “conservação, proteção, socialização e outros, dos bens móveis arqueológicos”.

No âmbito nacional as principais leis e decretos de proteção do patrimônio arqueológico, são: Lei n.º 3924/61, Lei n.º 7.5542/86, Resolução CONAMA n.º 001/86, Constituição Federal 1988 (artigos 20, 23, 215 e 216), Portaria SPHAN n.º 007/88, Lei de Crimes Ambientais n.º 9.605/98 e Portaria IPHAN n.º 230/02. Garantindo a “preservação e regulamentar as pesquisas arqueológicas no país” (MAGALHÃES, 2018).

Os registros de acervos através da fotogrametria bem como a disseminação de seus resultados atualmente, englobam-se nas legislações nacionais de preservação de monumentos e sítios arqueológicos, decorrentes de debates que ajudaram na formação da Rede de Museus e Acervos Arqueológicos e Etnográficos (REMMAE), e do Grupo de

¹⁰ A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) é uma agência especializada das Nações Unidas (ONU) com sede em Paris, fundada em 4 de novembro de 1946 com o objetivo de garantir a paz por meio da cooperação intelectual entre as nações, acompanhando o desenvolvimento mundial e auxiliando os Estados-Membros – hoje são 193 países – na busca de soluções para os problemas que desafiam nossas sociedades. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/encceja-2/480-gabinete-do-ministro-1578890832/assessoria-internacional-1377578466/20747-unesco>

¹¹ Essa carta foi motivada pelo sucesso da Carta de Veneza enquanto documento normativo e propõe-se a enunciar princípios fundamentais e recomendações de alcance global, já que não pode considerar dificuldades e especificidades regionais e nacionais. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Lausanne%201990.pdf>

¹² O ICOMOS, o Conselho Internacional de Monumentos e Sítios, é uma organização não governamental global associada à UNESCO. A sua missão é promover a conservação, a proteção, o uso e a valorização de monumentos, centros urbanos e sítios. Participa no desenvolvimento da doutrina, evolução e divulgação de ideias, e realiza ações de sensibilização e defesa. O ICOMOS é o organismo consultor do Comitê do Patrimônio Mundial para a implementação da Convenção do Patrimônio Mundial da UNESCO. Disponível em: <https://www.icomos.org.br/>

Trabalho Acervos da Sociedade de Arqueologia Brasileira (SAB). Atuando para estreitar e contribuir no desenvolvimento de políticas públicas de preservação do patrimônio arqueológico e em mudanças de posicionamento sobre a gestão dos acervos com os institutos que estão envolvidos diretamente, Patrimônio Histórico e Artístico Nacional e o Instituto Brasileiro de Museus (IBRAM) (PAULA et al., 2020).

A partir do século XX, é possível considerar que os acervos arqueológicos constituídos, passam por novas percepções que se renovam constantemente (BRUNO, 2020). Muitos profissionais, estudantes e instituições de pesquisa estão expandindo os registros dos acervos arqueológicos no Brasil, para além de laboratórios e museus, em um viés digital a favor dos estudos e da proteção dos vestígios das sociedades que nos precederam.

Desta forma, a exploração dos meios digitais para salvaguardar os acervos arqueológicos, são propostas que fomentam novas medidas de proteção contra desastres naturais ou antrópicos, permitindo uma socialização dos resultados e uma democratização do acesso ao Patrimônio Cultural.

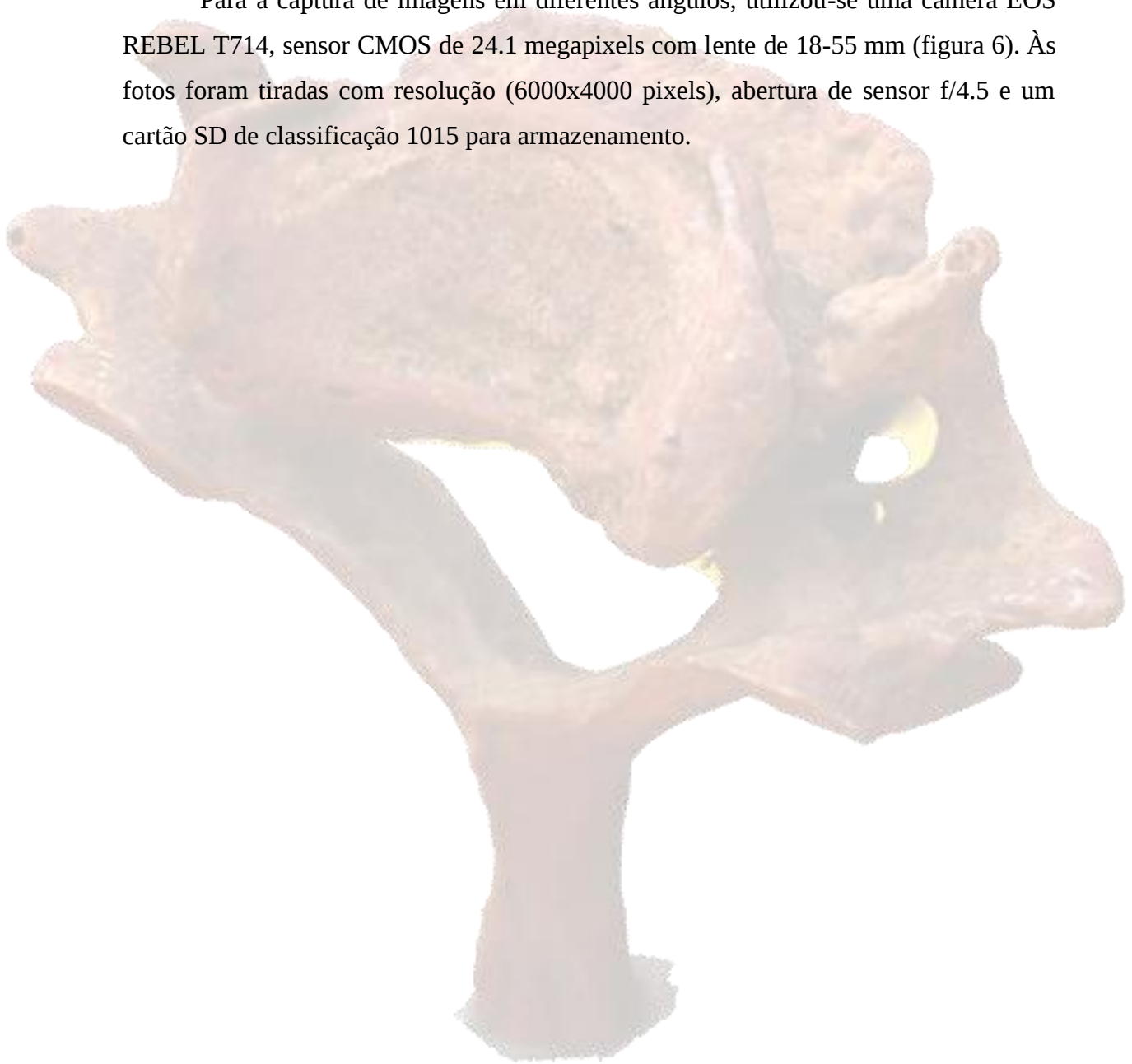
PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A metodologia abordada nessa pesquisa é baseada na fotogrametria de curto alcance como recurso para a digitalização 3D de acervo arqueológico, almejando a preservação da cultura material (conservação, restauração, documentação e comunicação do acervo). Dito isso, iniciou-se com um levantamento bibliográfico, selecionando pesquisadores/as que versam sobre a utilização e divulgação de modelos digitais em 3D (LEAL, 2021; CAVALCANTI, 2019; MAGALHÃES, et al. 2018; CARRETT DE VASCONCELOS e SELDEN, 2017; ANDRES, 2014; GARCIA, 2014; FIGUEIRÔA, 2012; ANDRADE, et al. 2010).

Como supracitado, a fotogrametria de curto alcance é um método de registro bem simples, necessitando apenas de uma câmera de celular/câmera profissional e um computador que possa processar as imagens coletadas. Conforme Magalhães (2018, p. 61), alguns conhecimentos básicos como: “profundidade de campo, o enquadramento e o tempo de exposição” sobre fotografia/processo fotogramétrico são necessários, para

assim, “(...) obter-se um registro de qualidade e sem lacunas”. Então, “quanto melhor for a câmera mais pontos podem ser detectados pelo software fotogramétrico”, melhorando a qualidade da texturização do processamento da nuvem de pontos¹³ para modelagem 3D.

Para a captura de imagens em diferentes ângulos, utilizou-se uma câmera EOS REBEL T7i4, sensor CMOS de 24.1 megapixels com lente de 18-55 mm (figura 6). Às fotos foram tiradas com resolução (6000x4000 pixels), abertura de sensor f/4.5 e um cartão SD de classificação 1015 para armazenamento.



¹³ São pontos espaciais gerados via software pós processamento de imagens retiradas em diferentes ângulos de um determinado objeto. Conforme figura 05.

¹⁴ Para maiores informações, acessar: <https://www.loja.canon.com.br/pt/canonbr/cameras-canon/cameras-profissionais-eos/eos-rebel-t7plus-ef-s-18-55-is-ii-us>

¹⁵ A classificação do cartão SD é dada mediante sua capacidade de processamento para armazenamento de dados.

Figura 06: Registro de imagens para processamento 3D.



Foto: LIMA, V. R. (2022). **Fonte:** Acervo NUPEAH (2022).

Para o processamento das imagens, existem softwares baseados em algoritmos Structure From Motion (SFM), que constroem uma nuvem de pontos densa, sobrepondo imagens sequenciais por meio da identificação das semelhanças geométricas coletadas em cada fotografia, transformando-as em dados 3D (MAGALHÃES, 2018). Neste caso, foi utilizado Autodesk: Recap 36016, como o mais apropriado, permitindo realizar reconstruções 3D através de fotografias em alta resolução.

¹⁶ O ReCap Pro é um software grátis e online usado para criar modelos 3D para projetos de construção e infraestrutura do mundo real. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/recap/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

No que se refere ao computador, sempre é recomendado a utilização de uma máquina com boa capacidade de processamento e memória, devido ao tempo de processamento das imagens. Sendo utilizado para pesquisa, um Laptop de 256GB com processador Core i5 64bits de 11ª geração, com placa de vídeo Iris X.

8 LEVANTAMENTO FOTOGRÁFICO

Em se tratando do levantamento fotográfico, foi estabelecido o mínimo de 20 e máximo de 300 imagens como padrão de registro para os adornos do acervo do Núcleo de Pesquisas Estudos Arqueológicos e Históricos (NUPEAH17), para serem utilizadas no processamento de modelagem 3D. Após concluir levantamento fotogramétrico, todas as imagens passaram por um processo de triagem, sendo analisadas: “(...) luz, saturação, cor e as fotos que estiverem fora de foco devem ser descartadas” (MAGALHÃES, 2018, p.68), para assim, serem processadas pelo software ReCap 360, que seguirá alguns passos semiautomáticos na elaboração do modelo 3D pretendido, elencados a seguir:

- Alinhamento das fotos;
- Criação de nuvem densa de pontos;
- Texturização;
- Renderização para modelagem 3D.

Foi utilizado para a coleta de dados uma base de apoio (Borracha), para que os objetos alvo (Adornos PT. 601.1 e PT. 607.2) (figura 07 e 08), fique de forma estática. Sendo realizado o registro de fotos em ângulos e alturas diferentes até concluir a sequência de fotografias.

¹⁷ O Núcleo está localizado na UFAL - Campus Sertão, Delmiro Gouveia – AL.

Figura 07: Adorno pt. 601.1 com escala em cm.



Fonte: Acervo NUPAH (2022)

Figura 08: Adorno pt. 607.2 com escala em cm.



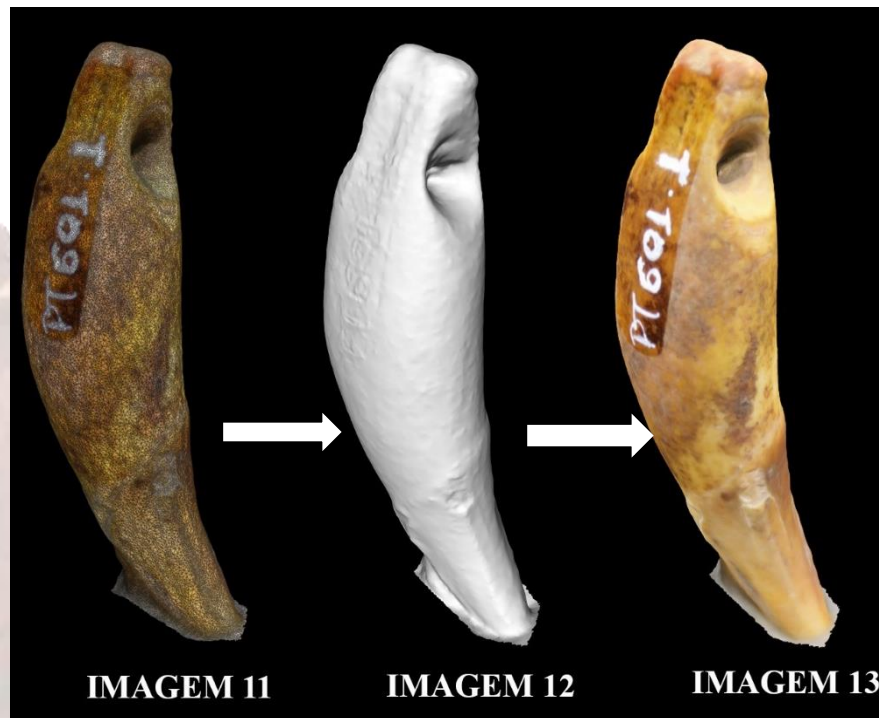
Fonte: Acervo NUPEAH (2022).

PROCESSAMENTO

Mediante conclusão de levantamento fotográfico dos adornos e triagem, as imagens são carregadas no Autodesk Recap 360, seguindo alguns passos para obter-se o modelo 3D. Primeiro, as fotos são alinhadas, sendo detectados pelo software pontos semelhantes e combinando-as de forma precisa, resultando em uma nuvem poligonal de novos pontos. Em seguida, refinando ainda mais a fase primaria, faz-se um realinhamento de pontos, gerando uma nova nuvem em alta resolução. A conexão de todos esses pontos, gera uma nova textura de forma mais densa, criando uma malha poligonal 3D, para assim, gerar uma foto realista (figuras 09 e 10).

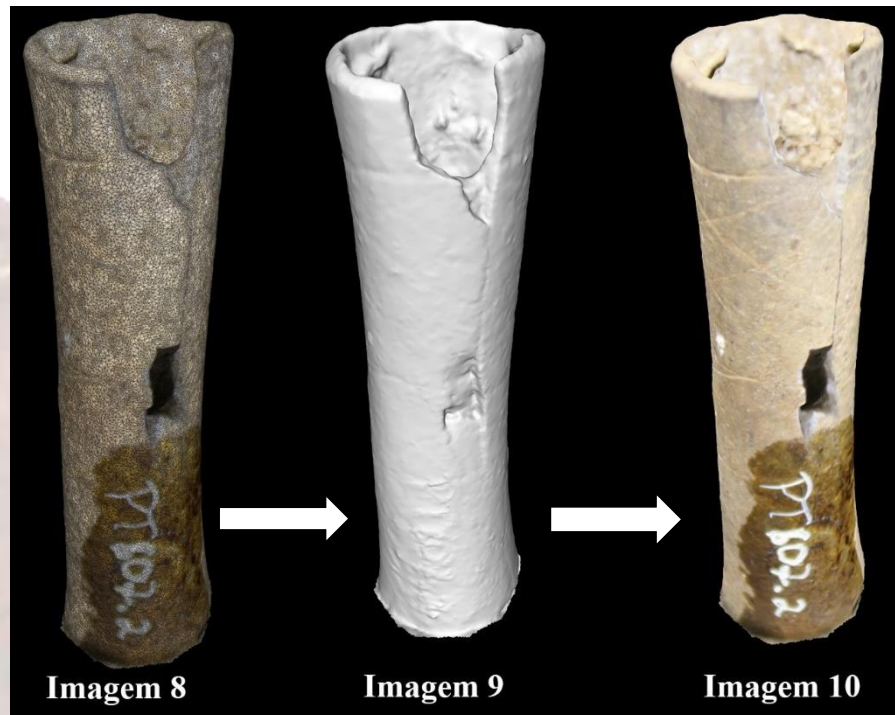
¹⁸ Referência a pontos espaciais gerados pós alinhamento fotogramétrico via software que variam de acordo com projeto. A escala de pontos para os adornos mencionados varia entre 56 mil e 800 mil pontos espaciais.

Figura 09: (adorno pt.601.1) etapas de processamento via software Autodesk Recap 360.



Fonte: Acervo NUPEAH (2022).

Figura 10: (adorno pt.607.2) etapas de processamento via software Autodesk Recap 360.



Fonte: Acervo NUPEAH (2022).

Por sua vez, após a construção do modelo digital 3D, esta precisa passar pelo processo de edição, tendo a finalidade de dissociar toda informação que não faça parte do objeto alvo de registro, para assim, tornar mais preciso a escala métrica do objeto através dos pontos poligonais gerados. Podendo ser exportada em formatos Wavefront OBJ, Stanford PLY, STL models, Autodesk DXF e Autodesk FBX.

RESULTADO E DISCUSSÃO

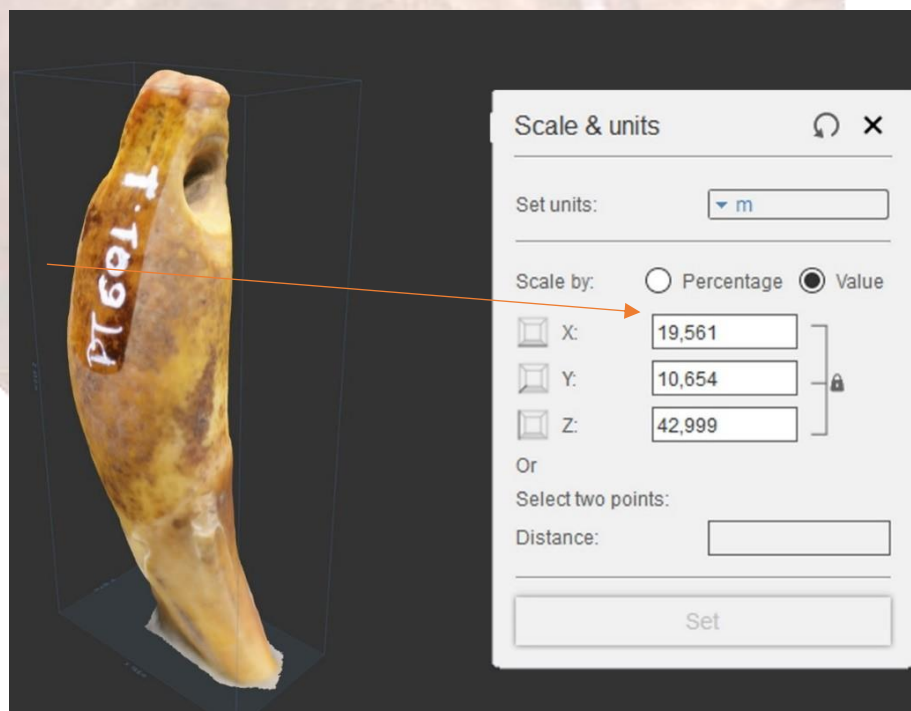
Como resultado, obteve-se imagens 3D detalhadas, em formato JPG19 (figuras 11 e 12) e FBX20, que poderá compor um acervo digital de acesso livre via internet, para, em caso de danos ao material arqueológico, termos o registro arquivado para a realização

¹⁹ O **formato de imagem** JPEG, também chamado de JPG, é o formato de imagem considerado **padrão** e o mais utilizados no ambiente digital. Disponível em: <https://www.futuraexpress.com.br/blog/o-que-e-jpg/>

²⁰ Formato de arquivo digital fotorealista disponível em plataforma virtual para análises arqueológicas. Disponível em: <https://a360.co/3P63Nji> , <https://a360.co/3MQASYT> Fonte: Autoral.

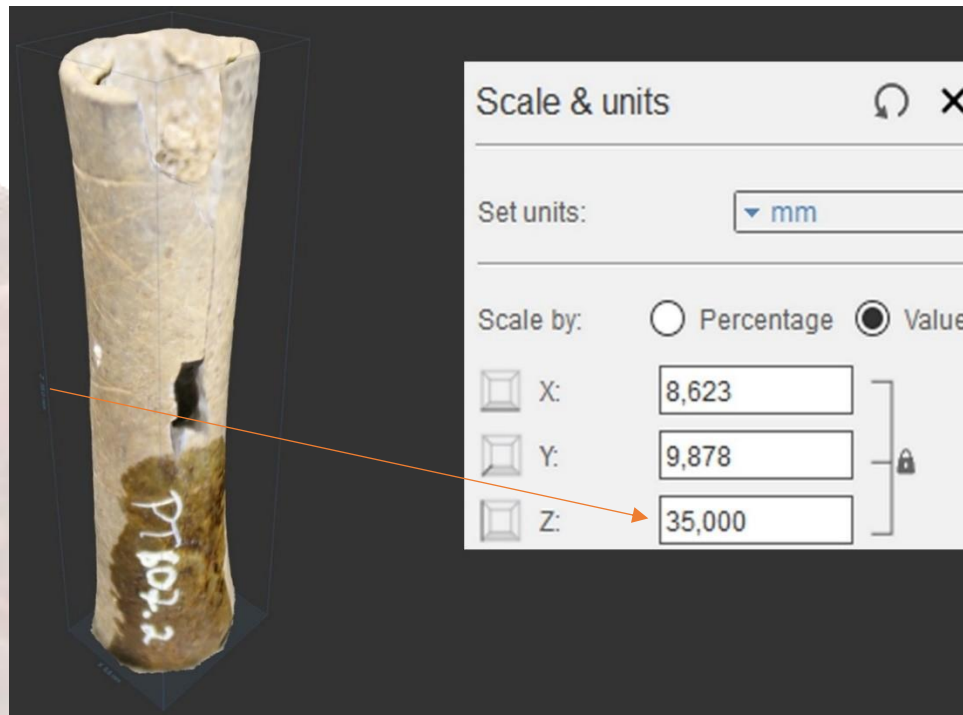
de estudos futuros, bem como reforçar a importância das tecnologias digitais para a pesquisa e preservação do patrimônio arqueológico. O intuito da digitalização fotogramétrica é registrar todo o acervo do NUPEAH, composto por material osteoarqueológico humano e animal, acompanhamentos funerários (adornos), cerâmico, lítico, e até mesmo de sítios com arte rupestre. Disponibilizando as imagens no site oficial da Universidade Federal de Alagoas.

Figura 11: (adorno pt. 601.1) imagem 3D finalizada com escala em mm igual ao objeto físico.



Fonte: Acervo NUPEAH (2022).

Figura 12: (pt. 607.2) imagem 3D finalizada com escala em mm igual ao objeto físico.



Fonte: Acervo NUPEAH (2022).

Mediante os diferentes tipos de materiais arqueológico e seu contexto de investigação, nem sempre será determinado o método apropriado de visualização digital, “(...) existindo a possibilidade de novas técnicas de processamento de imagens a depender dos resultados de cada projeto” (DENARD, 2006).

Portanto, o resultado final da inserção da fotogrametria digital para a arqueologia, é o formato fotorealista tridimensional, capaz de simular com precisão as medidas geométricas e características morfológicas sem precisar, necessariamente, tocar no objeto real. Concordando com Magalhães (2018, p.77), dizendo que o “(...) resultado vem comprovar a alta precisão do registro fotogramétrico, que em muito ultrapassa a do desenho, chegando ao nível de um levantamento por escâner a laser, porém a um custo bem mais reduzido.” E Andrade et al. (2010), sobre a perspectiva de uma nova forma de acesso ao documento digital, na qual as pessoas podem visitar a qualquer momento de forma interativa, visualizando “detalhes e ângulos variados das obras, o que não é permitido em visitas físicas.”

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do que foi exposto, conclui-se que os métodos da fotogrametria digital oferecem novas possibilidades na arqueológica, tornando-se uma ferramenta importante para o pesquisador, “(...) desde a integridade do objeto a ser estudado até a ampliação do estudo do trabalho de campo”. Nesta perspectiva, o registro arqueológico digital oferece possibilidades de interação social/acadêmica, “(...) além de estudar o passado humano, teria condições de estudar também a relação entre espaço e tempo humano, o que permitiria a análise do presente e do futuro” (FIGUEIRÔA, 2012),

No que concerne, os valores de objetos tridimensionais são definidos como “patrimônio virtual”, mediante a preservação da memória através do registro fotogramétrico. No caso, o sistema de visualização do modelo 3D, pode ser acessado de forma simples e com alta interatividade, por meio de um aparelho celular ou computador.

Podemos afirmar que a fotogrametria digital 3D passa a ser uma ferramenta auxiliar da pesquisa arqueológica, permitindo uma aproximação indireta de pesquisadores com objeto de estudo, por causa da capacidade de troca de informações que o mundo virtual oferta. Paralelamente, os modelos digitais tridimensionais chamam a atenção do público em geral para questões patrimoniais. Portando, um modelo digital 3D, estreita a interatividade entre a comunidade científica e o público geral através de museus, material didático em escolas através de uma plataforma virtual, laboratórios de pesquisa, permitindo que o Patrimônio Arqueológico torne-se mais visível e perceptível para todos de forma livre e gratuita.

Os modelos fotogramétricos digitais, além de serem utilizados para análises, são importantes no caso de desgaste naturais ou acidentes, como na obtenção de informações adicionais sobre o artefato, como sua altura e volume, oferecendo também, subsídios necessários para a disseminação de conhecimento arqueológico, promovendo assim, novas reflexões sobre as pesquisas acadêmicas.

Por fim, este processo de armazenamento de imagens virtuais 3D está sendo elaborado para, em caso de danos ao material arqueológico, termos um acervo para estudos futuros, bem como reforçar a importância das tecnologias digitais para a pesquisa e preservação do patrimônio arqueológico.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. T; MENDES, C. M; DREES, D. R; VRUBEL, A; BELLON, O. R. P; SILVA, L. 2010. Preservação digital de acervos naturais e culturais na UFPR: Iniciativas do grupo imago para a construção de modelos 3D realísticos e Museu Virtual Interativo Acessível Pela Internet. **Extensão em Foco**, Curitiba, n. 5, p. 87-99, jan./jun. Editora UFPR.

ANDRES, R. N. A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS 3D EM ANÁLISE DE PONTAS DE PROJÉTIL DA TRADIÇÃO UMBU: UMA PROPOSTA EXPLORATORIA. 2014. **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação em História). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRITO, J. L. N. e S. 2007. **Fotogrametria digital** – Rio de Janeiro: EdUERJ.

BRUNO, M. C. O. 2020. ARCEVOS ARQUEOLÓGICOS: RELEVÂNCIAS, PROBLEMAS E DESAFIOS DESDE SEMPRE E PARA SEMPRE. **REVISTA ARQUEOLOGIA**. V. 33 Nº 3.

DIAZ, M. F. 2018. Las Profesiones del Patrimonio Cultural. Competencias, formación y transferencia del conocimiento: reflexiones y retos en el Año Europeo del Patrimonio Cultural, Publisher: **Ministerio de Cultura y Deporte**. Gobierno de España.

CARRETT DE VASCONCELOS, M. L.; SELDEN, R. Z. JR. . 2017. "A Digitalização 3D das cerâmicas da coleção Valentin Calderón como ferramenta para a preservação". CRHR: Archaeology. 267.

CAVALCANTI, M. R. B. 2019. Patrimônio virtual: a reconstrução em 3D e a preservação do patrimônio cultural. **Dissertação (Mestrado)** – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Mestrado Profissional em Preservação do Patrimônio Cultural, Rio de Janeiro.

DENARD, H. 2006. **Carta de Londres para a visualização computadorizada do património cultural**. Londres: King's College London.

ENDRE, R. N. 2014. **A utilização de tecnologias 3D em análises de pontas de projétil da Tradição Umbu: Uma proposta exploratória**. Trabalho de conclusão de Licenciatura em História da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

FIGUEIRÔA, R. de A. D. 2012. Por uma Arqueologia das mídias: digitalizando em 3D o acervo cerâmico do Museu de Arqueologia de Xingó. MUSEITEC – **Museologia, Tecnologia e Patrimônio Cultural**, Vol. 1, Número 1, dezembro.

FLEMING, M. I. D; BASTOS, M. T; BINA, T; MARTIRE, A. GREGORI, A. M. 2017. A IMPORTÂNCIA DAS NOVAS TECNOLOGIAS PARA A ARQUEOLOGIA E SUAS POSSIBILIDADES DE USO. A IMPRESSÃO 3D E OS PROJETOS DO LARP.

VESTÍGIOS – Revista Latino-Americana de Arqueologia Histórica Volume 11 | Número 1 | Janeiro – Junho.

GARCÍA, M. de J. D. 2014. Registro arqueológico en 3D mediante la fotogrametría de rango corto. **TESIS PROFESIONAL** Para obtener el título de Licenciado en Arqueología. S. L. P.

HENRIQUES, F. J. R. 2012. METODOLOGIAS DE DOCUMENTAÇÃO E ANÁLISE ESPACIAL EM CONSERVAÇÃO DE PINTURA. **Dissertação para obtenção de grau de Doutor em Conservação de Pintura**, Universidade Católica Portuguesa Escola das Artes. Porto.

LEAL, W. P. 2021. Realização de Testes em Software para Vetorização e Produção de Imagens 3D em Pinturas Rupestres como Técnica de Análise e Divulgação dos Grafismos do Sítio Arqueológico GO-Cp-16 em Palestina de Goiás, Brasil. **Trabalho de Conclusão de Curso** (graduação) – Instituto Goiano de Pré-história e Antropologia (IGPA)/Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Curso de Arqueologia.

LIMA, H. P; BARRETO, C. 2020. UMA NOVA POLÍTICA PARA UM ANTIGO ACERVO: A redescoberta das coleções arqueológicas do museu goeldi. **REVISTA ARQUEOLOGIA**. V. 33 Nº 3.

MAGALHÃES, A. J. F. 2018. “ARQUEOFOTOGRAMETRIA”: A APLICAÇÃO DA FOTOGRAMETRIA PARA REGISTRO ARQUEOLÓGICO 3D. **Defesa de Mestrado em Arqueologia**, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

MAGALHÃES, A. J. F; BARREDO, A. L; GASPAS, M. 2018. De volta ao passado: A aplicação da Fotogrametria para o registro arqueológico 3d. **REVISTA DE ARQUEOLOGIA**. Volume 31. Nº 1.

NUNES, M. A. V. 2020. **Fotogrametria: definição clássica**. UNICAP, 2016. PAULA, B. D; SALADINO, A. S; SOARES, A. L. R. AQUISIÇÃO E DESCARTE DE BENS ARQUEOLÓGICOS: A EXPERIÊNCIA DE ELABORAÇÃO DE UMA POLÍTICA DE ACERVOS PARA LASCA/UFSM. **REVISTA ARQUEOLÓGICA**. Edição Especial: Gestão de Acervos Arqueológicos. V. 33, Nº. 3.

PEREIRA, D; RIBEIRO, D. L; TOLEDO, G. T; LIMA, S. C. 2020. PERSPECTIVA PARA A GESTÃO DE ACERVOS ARQUEOLÓGICOS. **REVISTA ARQUEOLÓGICA**. Edição Especial: Gestão de Acervos Arqueológicos. V. 33, Nº. 3.

RAMOS, R. N. 2011. Uma proposta digital para o gerenciamento do acervo arqueológico do Laboratório de Ensino e Pesquisa em Antropologia e Arqueologia (LEPAARQ) da Universidade Federal de Pelotas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE MEMÓRIA E PATRIMÔNIO, 5, 2011, Pelotas. **Anais...Pelotas**: Editora da UFPel, pp. 970-978.

SILVA, D. C. da. 2015. Evolução da Fotogrametria no Brasil. Article in. **Revista Brasileira de Geomática**. December

SABINA. J. A. R; VALLE. D. G; RUIZ. C. P; GARCÍA, J. M. M; LAGUNA, A. G. 2015. Fotogrametría aérea por drone en yacimientos con grandes estructuras. Propuesta metodológica y aplicación práctica en los castillos medievales del Campo de Montiel. **Virtual Archaeology Review**. Volumen 6 Número 13. ISSN: 1989-9947 Noviembre.

SOARES, T. M. 2020. Caracterização e análise dos adornos funerários dos sítios Pedra da Tesoura e Lajedo do Cruzeiro, Paraíba - Brasil. **Dissertação (Mestrado em Arqueologia)** – Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras. 165 f.

TOBIAS, R. de O. 2021. UTILIZAÇÃO E APOIO DE DRONE PARA PESQUISA ARQUEOLÓGICA: SITIO ARQUEOLÓGICO FACÃO II, MUNICÍPIO DE CÁCERES – MT. **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia, Goiânia. Bibliografia.

TOMMASELLI, A. M. G. 2009. **Fotogrametria básica** – Introdução. São Paulo: Unesp.

VIEIRA, M. A. do N. 2019. **O incêndio do museu nacional e seus efeitos nas pesquisas dos discentes**. vol. especial, nº 1 Ventilando Acervos Florianópolis. Set.

LINKS:

<https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/laussedat-aime>. Acessado em: 12/07/2022.

https://www.ebiografia.com/gaspard_felix_tournachon/. Acessado em: 14/07/2022.

<http://portal.mec.gov.br/encceja-2/480-gabinete-do-ministro-1578890832/assessoria-internacional-1377578466/20747-unesco> Acessado em: 14/07/2022.

<http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Lausanne%201990.pdf> Acessado em: 15/07/2022.

<https://www.icomos.org.br/> Acessado em: 16/07/2022.

<https://www.loja.canon.com.br/pt/canonbr/cameras-canon/cameras-profissionais-eos/eos-rebel-t7plus-ef-s-18-55-is-ii-us> Acessado em: 18/07/2022.

<https://www.autodesk.com/products/recap/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> Acessado em: 18/07/2022.

<https://a360.co/3P63Nji> Elaborado em: 10/07/2022.

<https://a360.co/3MQASYT> Elaborado em: 10/07/2022